

学校编号: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 200229007

UDC_____

厦 门 大 学
硕 士 学 位 论 文

基于 MEMS 传感器的空间 (一维) 定位系统的研制

Development of Orientation System (1-D)

Based on MEMS Sensors

陈 晔 莉

指导教师姓名: 孙道恒 教 授

黄元庆 教 授

专 业 名 称: 测试计量技术及仪器学

论文提交时间: 2005 年 5 月

论文答辩时间: 2005 年 6 月

学位授予日期: 2005 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2005 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

微型惯性测量组合(MIMU: Micro-inertial measurement unit)是国际上近年来发展起来的新技术,它不容易受外部信号的影响,便可以对所处系统在三维空间中惯性导航,具有数据更新率高、短期精度和稳定性好等特点,加之其具有体积小、重量轻等优点,和其他定位系统一起广泛的使用在军事导航领域,并且也越来越多的使用在民用领域。例如:卫星控制、汽车自动驾驶、汽车防撞气囊、汽车防抱死系统(ABS)、伤员救护。因此,微惯性测量组合的研究成为近年来惯性技术的一个发展方向。

微惯性测量组合是由微加速度计和微陀螺仪组成的,一维系统是最基本的情况。本文针对以微加速度计 ADXL190 和微陀螺仪 ADXRS300 组成的微惯性测量组合为核心的一维定位系统进行了研究,探讨此微惯性组合的特性和信号。本文主要包括以下几个方面的内容:

一、综合考虑加速度计 ADXL190 和陀螺仪 ADXRS300 的性能特点,以及实验条件等因素,设计整个测控系统的框架。

二、完成的硬件电路包括:微惯性器件输出信号的调理电路、信号采集电路、和单片机与计算机的串口通信电路。

三、完成了单片机的数据采集软件、单片机和计算机的串口通信软件。

四、在 VC++ 6.0 开发平台上,完成了计算机端软件,其中包括:命令模块、后台通信模块、绘图模块。对转换后的信号进行积分运算,绘制出对应于加速度的位移随时间变化的曲线图,以及对应于角速度的角度变换图。

五、对此系统的调试和总结。

关键词: MIMU; 信号处理; VC++6.0

Abstract

Micro-Inertial Measurement Unit(MIMU), is a new technology developed in recent years, Which can be used to locate a moving body in three-dimensional space though an inertial navigation. It has high data turnover rate, short-term precision and good stability, etc. In addition, it is small, light and always used in navigate field with other navigation systems in military. But more and more it is used in the civil field, such as satellite controls, automobile automatic steering, automobile anticollision gasbag, automobile anti-lock braking system (ABS),the wounded aid. So, the research in MIMU is coming to be a developing direction of inertia technology in recent years.

MIMU is made up by accelerometer and gyroscope. Studying it in one-dimensional space is the most basic situation. So this paper mainly focuses on the measurement system regarding the accelerometer ADXL190 and the gyroscope ADXRS300 as the core. The paper hopes to the character of the MIMU, deal with the output signal reasonable, and calculate the displacement and angle of the moving object and describe the curve by certain arithmetic and computer program. So, the paper mainly includes the following contents.

1. Design the architecture of the system, considering about the characters of the accelerometer ADXL190 and the gyroscope ADXRS300, the experiment conditions, and other factors.
2. Hardware module finishes output signal disposal circuit, data collection circuit, and serial communication circuit.
3. Finish the data collection software, that is, single chip controls the A/D converter to collect the output signals, and communication software between the

single chip and the computer.

4. Using the develop platform VC++6.0, finishes the CMD module, COM module, DRW module, and does integral on the converted signal. draws out the displacement curve correspondent to accelerometer changing over time, and the angle change correspondent to the angular speed.

5. Test the system and make a conclusion.

Key Words: MIMU; Signal Processing; VC++6.0

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 MEMS 发展现状	1
§ 1.2 MIMU 的现状	2
§ 1.3 本文的研究目的、意义以及主要研究内容	2
第二章 系统的组成和设计原理	4
§ 2.1 系统概述	4
§ 2.2 传感器的选型和工作原理	5
2.2.1 加速度计 ADXL190 性能介绍	6
2.2.2 加速度计输出信号分析	7
2.2.3 陀螺仪 ADXRS300 的性能介绍	9
2.2.4 陀螺仪的输出信号分析	10
§ 2.3 操作系统的选择	11
§ 2.4 软件开发工具的选择	11
第三章 系统硬件组成	13
§ 3.1 信号调理电路	15
3.1.1 加速度计 ADXL190 的信号输出电路	16
3.1.2 陀螺仪 ADXRS300 的信号输出电路	16
3.1.3 传感器安装相关问题	16
3.1.4 信号放大电路	17
§ 3.2 信号采集电路	28
3.2.1 12 位 600kSPS 模数转换器 AD7892	29

3.2.2 数据锁存电路.....	36
3.2.3 模拟开关 DG419.....	38
3.2.4 单片机 AT89C52.....	39
3.2.5 信号采集电路图.....	40
§ 3.3 串行通信电路.....	43
第四章 系统软件组成.....	45
§ 4.1 模块功能介绍.....	46
4.1.1 CMD 命令控制模块.....	46
4.1.2 COM 后台通信模块.....	49
4.1.3 DRW 绘图模块.....	49
4.1.4 SINGLE CHIP 单片机处理模块.....	49
§ 4.2 模块之间的消息交互.....	50
第五章 系统测试与开发总结.....	74
§ 5.1 系统测试.....	74
§ 5.2 系统开发总结与展望.....	78
致谢.....	80
参考文献.....	81
硕士学位期间发表的论文.....	83

Contents

Chapter 1	Introduction	1
§ 1.1	The Status of MEMS	1
§ 1.2	The Status of MIMU	2
§ 1.3	The Content, Aim, Significance of This Research	2
Chapter 2	System's Composing and Design Principle	4
§ 2.1	Overview of System	4
§ 2.2	Sensors' Selection and Work Principle	5
2.2.1	The Introduction of Accelerometer ADXL190's Performance	6
2.2.2	The Analysis of Output Signal from ADXL190	7
2.2.3	The Introduction of Gyroscope ADXRS300's Performance	9
2.2.4	The Analysis of Output Signal from ADXRS300	10
§ 2.3	The Choice of Operation System	11
§ 2.4	The Choice of Programming Tools	11
Chapter 3	System's Hardware Composing	13
§ 3.1	The Circuit of Signal Processing	15
3.1.1	The Signal Output Circuit of ADXL190	16
3.1.2	The Signal Output Circuit of ADXRS300	16
3.1.3	The Associated of Sensor's Installation	16
3.1.4	The Circuit of Signal Amplifying	17
§ 3.2	Signal Collection Circuit	28
3.2.1	The 12 Bit , 600k SPS A/D AD7892	29
3.2.2	Data Latch Circuit	36
3.2.3	Analogue Switch DG419	38

3.2.4	Single Chip AT89C52·····	39
3.2.5	Single Collection Circuit Fig·····	40
§ 3.3	Serial Communication Circuit·····	43
Chapter 4	System Software Composing·····	45
§ 4.1	Module's Function Description·····	46
4.1.1	Command Controlling Module·····	46
4.1.2	Background Communication Module·····	49
4.1.3	Drawing Module·····	49
4.1.4	Single Chip Processing Module·····	49
§ 4.2	The Interaction of Messages·····	50
Chapter 5	System Test and Development Conclusion·····	74
§ 5.1	System Test·····	74
§ 5.2	System Development Conclusion and Outlook·····	78
Acknowledgement	·····	80
Reference	·····	81
The Published Paper	·····	83

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪 论

§ 1.1 MEMS 发展现状

微机电系统（Microelectronic Mechanical Systems, MEMS）是在微电子技术基础上发展起来的多学科交叉的前沿研究领域。经过几十年的发展，已成为世界瞩目的重大科技领域之一。它涉及多种学科与技术，具有广阔的应用前景。目前，全世界有百余家单位从事 MEMS 的研制和生产工作，已研制出包括微型压力传感器、加速度传感器、陀螺仪在内的几百种产品。其中，属微传感器的产品最为众多。微传感器是采用微电子和微机械加工技术制造出来的新型传感器，与传统的传感器相比，它具有体积小、重量轻、成本低、功耗低、可靠性高、易于集成和实现智能化的特点^[2, 3]。

硅微加速度传感器是继微压力传感器之后第二个进入市场的微机械传感器。其主要类型有压阻式、电容式、力平衡式和谐振式。其中最具有吸引力的是力平衡加速度计。

角速度一般是用陀螺仪来进行测量的。传统的陀螺仪是利用高速转动的物体具有保持其角动量的特性来测量角速度的。这种陀螺仪的精度很高，但它的结构复杂，使用寿命短，成本高，一般仅用于导航方面，而难以在一般的运动控制系统中应用。实际上，如果不是受成本限制，角速度传感器可在诸如汽车牵引控制系统、摄像机的稳定系统、医用仪器、军用仪器、运动机械、计算机惯性鼠标等领域有广泛的应用前景^[12]。因此，近年来人们把目光投向微机械加工技术，希望研制出低成本、可批量生产的固态陀螺。目前常见的微机械角速度传感器有双平衡环结构，悬臂梁结构、音叉结构、振动环结构等^[11, 14, 17]。

§ 1.2 MIMU 的现状

由加速度计、陀螺仪 (MIMU) 和惯性测量平台共同组成了惯性仪表。它主要用于航空航天导航仪器, 体积小, 重量轻, 精度高和工作可靠。

现在国外已有不少微机械加速度计和微陀螺仪的产品, 体积和重量均很小, 但是精度还需要进一步的提高。例如, 美国 Boeing 生产的微硅加速度计阵列, 8 个加速度计集成在一个芯片上。美国 ADI 公司生产的 MEMS 系列传感器, 也有很多类型, 提供不同的性能选择。

微硅陀螺仪现在也已经做得很小, 如美国 ADI 公司生产的微硅机械陀螺仪, 体积极小。美国喷气推进国家实验室最近研制成功新型振动陀螺仪, 这种微硅振动陀螺仪的尺寸为 $4\text{mm} \times 4\text{mm}$, 大小比一个衣服纽扣还要小。

航空和航天使用的导航设备是三个互相垂直放置的加速度计, 三个垂直放置的陀螺仪, 以及一台计算机组成的, 可以检查瞬间的空间速度和加速度、空间方向和轨迹。当然, 现在导航设备也正在向微型化的方向发展。例如, 美国某公司 1974 某导弹导航仪重达 3.2kg , 80 年重为 1.8kg , 1985 降为 1.4kg , 预计新产品将降到 70g 。将 X, Y, Z 三个方向上的加速度计和陀螺仪集成于同一块芯片上, 这样将大大减小整个导航仪器的体积。

§ 1.3 本文的研究目的、意义以及主要研究内容

本文研制基于加速度计 ADXL190 和陀螺仪 ADXRS300 的微惯性测量组合在一维空间中的定位系统, 其目的是: 从最基本的情况出发, 熟悉微惯性测量组合的一般特性, 合理准确地处理微惯性测量组合输出的信号, 并通过一定的数学物理方法对这些信号进行分析, 最终通过图形图像

的形式反映出来。

本文的主要研究工作如下：

1、掌握加速度计 ADXL190 和 ADXRS300 的特性，并设计相应的信号处理系统对传感器的输出信号进行调理，数据采集，并送入到计算机中。

2、通过积分算法，并结合计算机编程分别对加速度计输出信号进行二次积分，对角速度信号进行一次积分，从而获得反应运动物体定位信息的实时位移和转动角度。

3、VC++6.0 平台下的栅格控件和表盘控件，将积分所得的位移实时绘制在栅格控件中，将角速度绘制到表盘控件中。

4、通过对系统进行软硬件性能的测试，分析出需要改进之处，以及提出对该定位系统的展望。

研究意义：对基于 MIMU 的一维定位系统的研究是对其他多维定位系统进行研究的基础，只有在熟悉一维系统特性后，才能更快，更好的掌握基于 MIMU 的多维定位系统，所以希望通过本文对基于 ADXL190 和 ADXRS300 的空间一维定位系统的研制，能够为此方面的研究和研制工作提供一些有价值的参考。

第二章 系统的组成和设计原理

§ 2.1 系统概述

1、 系统实现的目标^[2, 3]

惯性导航系统不受卫星信号强弱的影响，便可以对自身系统进行三维空间中的定位定向导航，因此广泛运用于航空，军事，民用等领域，并与全球定位系统共同组成了一个全面、高效、精确的导航系统。微惯性测量组合是惯性导航系统的重要组成部分，一维空间中的定位定向导航是整个惯性导航系统的基础。因此本系统实现的目标是：设计基于 ADXL190 加速度计和 ADXRS300 陀螺仪的一维空间微惯性组合的系统，使得加载此系统的运动物体可以实时得知自己的位移大小和运动角度的变化情况。其中，加速度计和陀螺仪的输出信号通过信号调理电路，数据采集电路，最后送入到 PC 机中，在绘图界面上实时显示出运动物体的位移随时间变化的曲线，角度变化图。

2、系统的基本组成

系统基本上可以分为软件和硬件两大部分。其中硬件部分包括加速度计 ADXL 和陀螺仪两个传感器的信号调理电路，传感器输出信号的数据采集电路，单片机和 PC 的串口通信电路。软件部分包括 Windows XP 操作系统，Microsoft VC ++ 6.0, 还有应用程序部分的单片机对传感器信号的采集程序以及与计算机的串口通信程序，VC 的实时绘图处理程序。图 2-1 为系统工作原理框架图。

3、系统的工作过程和原理

在此测试系统中，本系统将传感器输出的微弱模拟信号分别进行放大，调理到模数转换器的输入范围，经模数转换器所在的数据采集电路处理后转换成单片机可以接收的数字信号，再通过单片机和计算机串口通信送入计算机，最终用 VC++ 6.0 设计实时绘图程序反映出运动物体的位移大小和角度变化。其中将固高的运动控制系统作为标定传感器标准输出的依据。

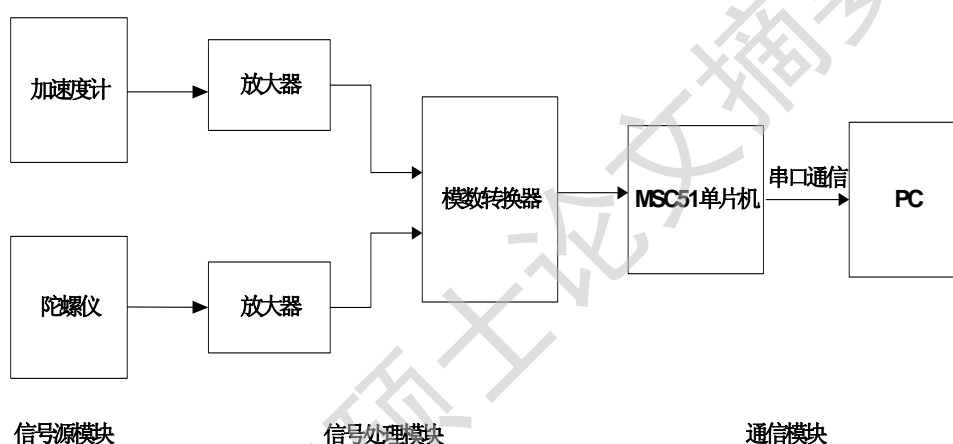


图 2-1 系统框架图

§ 2.2 传感器的选型和工作原理

微惯性测量组合的两个重要器件分别是加速度计和陀螺仪，同时这也是整个测控系统的信号源。其中，加速度计用来感知运动物体在加速度计敏感轴方向上的分加速度（如果运动物体的加速度方向和加速度计的敏感轴方向一致，则此分加速度就是物体在这一方向上的总加速度）。陀螺仪实际上是一个角速度传感器，它可以感知到运动物体绕敏感轴方向角速度。本系统采用的是美国 ADI 公司生产的单轴加速度计 ADXL190，和单轴陀螺仪 ADXRS300。

下面对选用的加速度计 ADXL190 和陀螺仪 ADXRS300 分别进行介绍。

2.2.1 加速度计 ADXL190 性能介绍

ADXL190^[31]是美国 ADI 生产的单块 IC 芯片上完整的加速度测量系统。它包含一个多晶硅表面微机械传感器和一个信号处理电路来实现开环加速度测量结构。ADXL190 能够测量 $\pm 100g$ 范围内的单轴加速度，并且具有模拟电压的输出，这使得它能够适合振动和冲击测量要求。如图 2-2 所示为 ADXL190 的功能模块图。

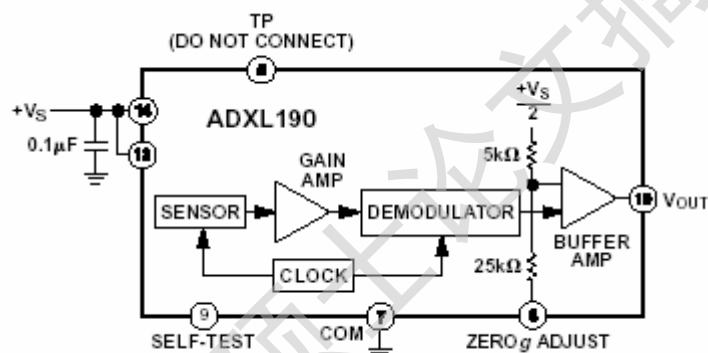


图 2-2 ADXL190 功能模块图

典型的噪音底线是 $4mg/Hz$ ，具有 $40mg$ 的加速度分辨能力。ADXL190 既可以测量动态的加速度（典型的像振动加速度），也可以测量静态加速度（如惯性力或是重力）。

ADXL190 有一个双极性的贝塞尔转换容量滤波器，贝塞尔滤波器有时也称为线性相位过滤器。因此，这些过滤器也是完全自容和缓冲的，而不需要别的外部的容器。

以下是 ADXL190 的一些典型的特性：

- 1、单片 IC 加速度计

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库